

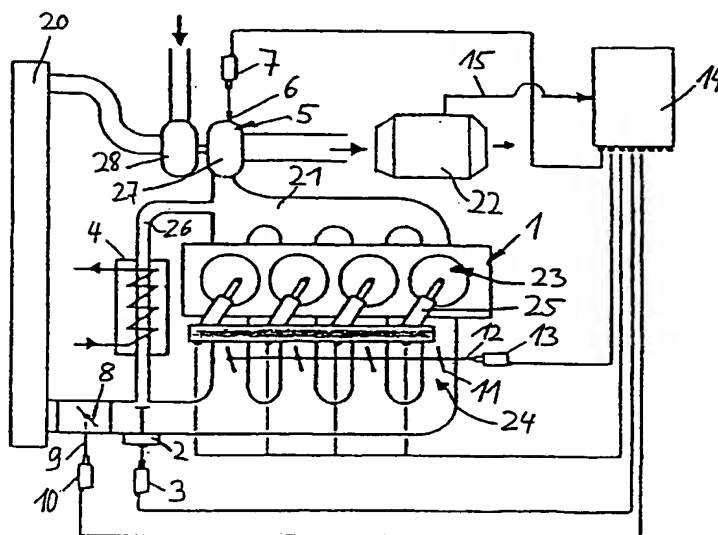
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1

**(10) Internationale Veröffentlichungsnummer**  
**WO 01/98645 A1**

## PCT

- [Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES DIESELMOTORS**



*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*



Norbert [DE/DE]; Hohewartstrasse 24/4, 71144 Steinenbronn (DE).

(74) **Anwälte:** DAHMEN, Toni usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, FTP - C 106, 70546 Stuttgart (DE).

(81) **Bestimmungsstaat (national):** US.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Dieselmotors, bei dem ein Luftverhältnis ( $\lambda$ ) des zu verbrennenden Kraftstoffes und der zugeführten Verbrennungsluft von einer Steuereinheit (14) nach vorgegebenen Werten eingestellt wird. Bei Feststellung eines als Umschaltkriterium vorgegebenen Wertes (15) schaltet die Steuereinheit (14) auf eine Sonderbetriebsart zur Regeneration eines Katalysators (22) um und stellt das Kraftstoff/Luft-Verhältnis nach Vorgabewerten für diese Betriebsart ein. Um eine wirkungsvollere Regeneration des Katalysators zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß in der Sonderbetriebsart mindestens eine zeitlich von einer Haupteinspritzung abgesetzte Nacheinspritzung von mitverbrennendem Kraftstoff erfolgt.

Verfahren zum Betrieb eines Dieselmotors

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Dieselmotors der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung.

Bei bekannten Verfahren wird ein Luftverhältnis  $\lambda$  des zu verbrennenden Kraftstoffes und der separat zugeführten Verbrennungsluft von einer Steuereinheit nach vorgegebenen Werten für den jeweiligen Betriebszustand des Motors eingestellt. Die hierfür vorgesehenen Stellmittel werden von der Steuereinheit beaufschlagt. Die Steuereinheit bestimmt dabei die Menge des zu verbrennenden Kraftstoffes, die zum Erreichen der gewünschten Betriebslast des Dieselmotors führt. Oft wird dabei ein unterstöchiometrisches Kraftstoff/Luft-Verhältnis eingestellt und der Dieselmotor in sofern mit magerer Gemischbildung betrieben. Als Umschaltkriterium auf eine Sonderbetriebsart wird der Steuereinheit ein Sollwert einer Betriebsmeßgröße des Dieselmotors vorgegeben, bei dem ein bestimmtes Kraftstoff/Luft-Verhältnis nach Vorgabewerten für diese Sonderbetriebsart einzustellen sind. Dies kann beispielsweise dann der Fall sein, wenn eine Einrichtung zur Abgasnachbehandlung vorgesehen ist, wie etwa ein Speicherkatalysator, welcher turnusmäßig zu desorbieren ist. Hierzu wird der Sonderbetriebsart die erforderliche Desorptions-Atmosphäre durch Einstellen des

Kraftstoff/Luft-Verhältnisses geschaffen. Ein solches Verfahren ist beispielsweise aus der DE 197 53 718 C1 bekannt, welches die Auswertung bestimmter Kriterien zur Umschaltung zwischen zwei verschiedenen Brennverfahren nutzt. Bei Feststellung des Umschaltkriteriums wird in die Sonderbetriebsart zur Regeneration eines dem Dieselmotor nachgeschalteten Speicherkatalysators umgeschaltet.

Die Umschaltung in eine Sonderbetriebsart des Dieselmotors bei Vorliegen eines bestimmten Umschaltkriteriums ist auch in der DE 199 39 988 A1 beschrieben, wobei in der Sonderbetriebsart ein Speicherkatalysator hinsichtlich der Stickoxid-Salze regeneriert werden soll. Hierzu wird in dem Regenerationsmodus als Sonderbetriebsart ein reduzierend auf den Katalysator wirkendes Abgas erzeugt.

Aus der DE 197 50 226 C1 ist eine Motorregelsystem bekannt, daß in Abhängigkeit von Kennfeldern den Betrieb eines Dieselmotors regelt. Dabei sind in einem Motorsteuergerät separate Kennfelder für eine Betriebsart mit magerer Verbrennung und eine Betriebsart mit fetter, kraftstoffreicher Verbrennung abgespeichert. Die zeitliche Dauer der Regeneration der Einrichtung zur Abgasnachbehandlung ist bei den bekannten Verfahren sehr lang. Auch ist oft die Umschaltung in die Sonderbetriebsart und zurück für den Fahrer eines von dem Motor angetriebenen Kraftfahrzeugs spürbar, was nicht erwünscht ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb eines Dieselmotors der gattungsgemäßen Art zu schaffen, bei dem in der Sonderbetriebsart die Betriebsbedingungen verbessert sind.

-3-

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Erfindungsgemäß ist in der Sonderbetriebsart mindestens eine zeitlich von der Haupteinspritzung abgesetzte Nacheinspritzung von Kraftstoff vorgesehen, wobei der Zeitraum der Nacheinspritzung derartig spät während des Zyklus gelegt wird, daß der dabei eingespritzte Kraftstoff mit dem bereits brennenden Kraftstoff verbrannt wird. Auf diese Weise wird ein Abgas mit hoher Temperatur und Enthalpie gebildet. Damit kann sowohl die Regeneration von Partikelfiltern gefördert werden, bei denen ein überstöchiometrischer Betrieb vorgesehen ist, als auch eine effiziente Schwefelregeneration von NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren im unterstöchiometrischen Betrieb erreicht werden. Das erfindungsgemäße Verfahren schafft sowohl bei überstöchiometrischer Verbrennung, also fetter Gemischbildung, als auch unterstöchiometrischer Verbrennung mit magerem Kraftstoff/Luft-Gemisch reduzierend auf Katalysatoroberflächen wirkende Abgase. Die gesamte zu verbrennende Kraftstoffmenge wird in mehreren Teileinspritzungen eingebracht, wobei die Kraftstoffmenge, die vor der erfindungsgemäß mitbrennenden Nacheinspritzung abgegeben wird, mehreren Haupteinspritzungen oder auch einer beliebigen Anzahl an Voreinspritzungen zugemessen werden kann. Vorteilhaft kann die mitbrennende Nacheinspritzmenge auch in mehreren Nacheinspritzungen zugemessen werden.

Besonders vorteilhaft wird die mitbrennende Kraftstoffmenge der Nacheinspritzung entsprechend dem Betriebszustand des Motors dosiert und so letztlich durch die Einstellung der

-4-

Nacheinspritzmenge die Betriebslast des Motors einregelt. Zweckmäßig kann dabei auch der Einspritzzeitpunkt der Nacheinspritzung entsprechend dem Betriebszustand von der Steuereinheit eingestellt werden. Die vor der mitbrennenden Nacheinspritzung erfolgenden Teileinspritzungen stellen bei früher Verbrennungslage eine Formung des Einspritzverlaufes dar, an den die Nacheinspritzung in Menge und Zeitpunkt an den Motorbetrieb anpaßbar ist.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung erhöht die Steuereinheit während einer Umschaltphase beim Umschalten in den Sonderbetriebszustand und zurück die Kraftstoffmenge der mitbrennenden Nacheinspritzung bei gleichzeitiger Reduzierung der Haupteinspritzmenge aufeinander folgender Zyklen in entsprechender Menge bis zum Erreichen der vorgesehenen Nacheinspritzmenge. Entsprechend wird beim Rückschalten in den Normalbetriebszustand die Nacheinspritzmenge reduziert bei analoger Erhöhung der Haupteinspritzmenge. So kann ein Übergang von magerer Gemischbildung mit Kraftstoff/Luft-Verhältnissen  $\lambda < 1$  auf fette, kraftstoffreiche Verbrennung mit Luftverhältnissen  $\lambda > 1$  dargestellt werden. Der Übergang von magerer zu fetter Verbrennung während der Umschaltphase kann mit kontinuierlich oder diskontinuierlich veränderten Mengen der Haupteinspritzung und der angepaßten mitbrennenden Nacheinspritzung erfolgen. Als Regelgröße der Änderung der Einspritzmengen wird ein indiziertes Moment des Dieselmotors herangezogen, welches während der Umschaltphase konstant gehalten wird. Auf diese Weise erfolgt die Umschaltung bzw. die Rückschaltung der Betriebszustände völlig ruckfrei und ist für den Führer eines Kraftfahrzeuges nicht spürbar.

-5-

Um in der Sonderbetriebsart die zur Regeneration eines Katalysators erforderliche Abgaszusammensetzung zu schaffen, kann es zweckmäßig sein, dem Abgas Kraftstoff zuzusetzen. Der zugesetzte Kraftstoff wird in der Abgasatmosphäre gecrackt und die dabei entstehenden Kohlenwasserstoffradikale tragen zur Senkung der Abgasemission des Dieselmotors bei. Die Zusetzung von Kraftstoff kann durch eine oder mehrere zusätzliche Nacheinspritzungen vorgenommen werden, welche im Anschluß an die erfindungsgemäß mitbrennenden Nacheinspritzungen erfolgt. Optional kann aber auch eine in Menge und Zeitpunkt unabhängig vom Motorbetrieb dosierbare Kraftstoffeinspritzung in die Abgasleitung des Dieselmotors vorgesehen sein.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann die Effizienz der Regeneration von NOx-Adsorbersystemen erhöht werden, welche unter bestimmten Voraussetzungen (Speicherkapazität, aktives Temperaturfenster) die Stickoxide von Brennkraftmaschinen bei magerer Verbrennung (überstöchiometrischer Verbrennung mit  $\lambda > 1$  und demnach Restsauerstoff im Abgas) speichern. Das erfindungsgemäße Verfahren stellt rasch sauerstoffreiches Abgas ( $\lambda < 1$ ) mit möglichst hohem Reduktionsmittelgehalt bereit, welches zur Regeneration solcher NOx-Adsorbersysteme, also Desorption von NOx und gleichzeitiger NOx-Umsatz zu Stickoxid N<sub>2</sub> benötigt wird. Mit dem erfindungsgemäß mitbrennenden Kraftstoff der Nacheinspritzung werden ebenso rasch hohe Temperaturen des Abgases erreicht, welche die als Katalysatorgift wirkenden Ablagerungen von Schwefelverbindungen entfernen. Auch sind mit den hohen Temperaturen Partikelfilter rascher regenerierbar. Bekannte Katalysatoren benötigen nach dem Kaltstart eine gewisse Zeit bis zum Erreichen ihrer Start-

temperatur. Durch den Einsatz des erfindungsgemäßen Brennvorgangs kann diese Zeit aufgrund der deutlich höheren Abgastemperatur gegenüber bekannten Verfahren verkürzt werden, wodurch eine erheblich geringere Abgasemission beim Warmlauf des Dieselmotors erreicht wird.

Bei der Einstellung bzw. Regelung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses kann zweckmäßig auch die Menge an rückgeführten und der Frischluft beigemischttem Abgas berücksichtigt werden, wobei die Steuereinheit als Stellglied der Regelung ein Abgasrückführungsventil ansteuert, das in einer Abgasrückführungsleitung zwischen Abgastrakt und Einlaßtrakt des Dieselmotors angeordnet ist. In einer Weiterbildung der Erfindung regelt die Steuereinheit neben der Einstellung der Einspritzparameter den Druck der zugeführten Frischluft zweckmäßig über Drosselrichtungen im Einlaßbereich und eine Aufladeeinrichtung im Abgasbereich des Dieselmotors. Die Druckregelung kann alternativ über das Abgasrückführungsventil und die Aufladeeinrichtung als Stellglieder erfolgen.

Weiterhin regelt die Steuereinheit vorteilhaft den Massendurchsatz der Frischluft, wobei die Steuereinheit das Abgasrückführungsventil als Stellglied unter Berücksichtigung eines Meßsignals eines Luftmassenmessers einsetzt. Die Regelung des Massendurchsatzes kann auch über Drosselklappen als Stellglieder erfolgen. Die Steuereinheit koordiniert dabei sämtliche Stellglieder und führt die Stellbewegungen in Abhängigkeit der erfaßten Regelabweichungen vom Sollwert im gesamten Betriebsbereich des Dieselmotors kontinuierlich nach. Mit entsprechenden Vorgabewerten auf Kennfeldern wird das erfindungsgemäße Ver-



-7-

fahren auch in den stationären Betriebszuständen des Dieselmotors realisiert. Zum Einstellen eines lastneutralen Überganges wird vor dem Auslösen der Einspritzmaßnahmen beim Umschalten der Betriebszustände, also vor der Einspritzmengenänderung des Kraftstoffs der mitbrennenden Nacheinspritzung, der Luftpfad kontinuierlich eingeregelt, nämlich die Regelung des Saugrohrdruckes und des Massenstroms der Frischluft.

Die Erfindung ist nachstehend anhand eines Ausführungsbeispieles näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Dieselmotors,

Fig. 2 ein schematisches Schaubild der Bestimmung von Einstellwerten in der Steuereinheit.

Fig. 1 zeigt einen Dieselmotor 1 mit vier Zylindern 23, denen jeweils ein Injektor 25 zugeordnet ist. Die aus einer gemeinsamen Druckleitung gespeisten Injektoren 25 spritzen nach Maßgabe eines Steuersignals einer Steuereinheit 14 Kraftstoff direkt in die Zylinder 23 ein, welcher mit separat zugeführter Verbrennungsluft verbrannt wird. Die Frischluft wird über eine Ansaugleitung 20 zugeführt, an die mittels Einlaßstutzen 24 die Zylinder 23 angeschlossen sind. Das Abgas aller Zylinder 23 wird über eine Abgasleitung 21 abgeführt und vor dem Ausstoß in die Umwelt durch einen Katalysator 22 geleitet. Die Abgasleitung 21 ist über eine Abgasrückführungsleitung 26 mit der Ansaugluftleitung 20 verbunden. Nach Öffnen eines Abgasrückführungsventils 2 kann so Abgas des Dieselmotors 1 der Frischluft beigemischt werden, wobei das rückgeführte Abgas

vor dem Einströmen in die Ansaugluftleitung 20 durch einen Abgaskühler 4 herabgekühlt wird.

Das Verhältnis  $\lambda$  des in die Zylinder eingespritzten Kraftstoffes zu der Verbrennungsluft wird von der Steuereinheit 14 bestimmt, welche durch entsprechende Ansteuerung der Injektoren 25 die von ihnen abgegebene Kraftstoffmenge pro Arbeitsspiel als auch die den Zylindern 23 zugeführte Frischgasmenge einstellt. Abhängig von der eingesetzten Einrichtung zur Abgasnachbehandlung (Katalysator 22) kann der Dieselmotor dabei entweder mit unterstöchiometrischer Verbrennung oder überstöchiometrischer, d.h. fetter Verbrennung mit Kraftstoffüberschuß ( $\lambda > 1$ ) betrieben werden, wie es beispielsweise zur Desorption von NOx-Steuerkatalysatoren erforderlich ist. Stellt die Steuereinheit 14 das Vorliegen eines als Umschaltkriterium vorgegebenen Wertes einer Betriebsmeßgröße 15 des Dieselmotors fest, so wird auf eine Sonderbetriebsart zur Regeneration des Katalysators umgeschaltet und ein für diese Betriebsart vorgegebenes Kraftstoff/Luft-Verhältnis eingestellt. Zur Feststellung des Umschaltkriteriums kann beispielsweise der Steuereinheit der Sättigungsgrad des Katalysators 22 als Meßsignal 15 eingegeben werden.

Wie in Fig. 2 schematisch dargestellt ist, verfügt die Steuereinheit 14 über Kennfelder, aus denen sie in Abhängigkeit laufend ermittelter Betriebsparameter geeignete Stellgrößen für die von ihr kontrollierten Stellglieder zur Einstellung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses ausliest. Dabei ist der Steuereinheit ein Kennfeldpfad 17 zur Einstellung einer mageren Verbrennung und entsprechenden Kennfeldern für alle Stellglieder zugeordnet. Ein Kennfeldpfad

-9-

18 zur Einstellung einer fetten, überstöchiometrischen Verbrennung enthält Kennfelder für jedes anzusteuernde Stellglied mit entsprechenden Stelldaten. Abhängig von dem Meßwert des Umschaltkriteriums 15 (Sättigungsgrad des Katalysators) wird einer der Kennfeldpfade 17, 18 zum Auslesen geöffnet, was schematisch durch Einstellung eines Schalters 16 dargestellt ist. Bei einem Normalbetrieb mit magerer Verbrennung, bei dem der Kennfeldpfad 17 mit seinen einzelnen Kennfeldern aktiviert ist, wird erfindungsgemäß bei Vorliegen des Umschaltkriteriums in den Sonderbetriebszustand umgeschaltet und entsprechend auf die Betriebsart mit fetter Verbrennung gewechselt.

Jeder Kennfeldpfad enthält dabei ein Kennfeld mit Einspritzparametern für die Injektoren 25 und für jedes weitere Stellglied, welches von der Steuereinheit 14 zur Einstellung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses herangezogen wird. Zweckmäßig wird dabei das Abgasrückführungsventil 2 über einen Stellantrieb 3 von der Steuereinheit 14 eingesetzt. Die Abgasatmosphäre zur effektiven Desorption des Katalysators 22 wird in der Sonderbetriebsart erfindungsgemäß durch eine Nacheinspritzung im Anschluß an die Haupteinspritzung und gegebenenfalls die Voreinspritzungen geschaffen, wobei der nachträglich eingespritzte Kraftstoff an der bereits erfolgenden Verbrennung teilnimmt. Die Einregelung der gewünschten Abgaszusammensetzung wird zusätzlich durch die geeignete Einstellung des Abgasrückführungsventils beeinflußt. Des weiteren nimmt die Steuereinheit 14 durch Ansteuerung einer Drosseleinrichtung in der Ansaugluftleitung 20 und eine Aufladeeinrichtung im Abgastrakt auf die Einstellung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses  $\lambda$  Einfluß.

Als Drosseleinrichtung kann eine Drosselklappe 8 in der Ansaugluftleitung vorgesehen sein, die über ein entsprechendes Stellglied 9 mittels eines Stellantriebes 10 von der Steuereinheit 14 in die aus einem entsprechenden Kennfeld (Fig. 2) ausgelesene Position gebracht wird. Alternativ zu der Drosselklappe 8 in der Ansaugluftleitung 20 kann in jedem Einlaßstutzen 24 der Zylinder 23 ein Drosselorgan 11 angeordnet sein. Die Steuereinheit 14 stellt alle Drosseleinrichtungen 11 in den Einlaßstutzen 24 über ein gemeinsames Stellglied 12 und einen auf das Stellglied 12 wirkenden Stellantrieb 13 ein. Als weiteres Stellglied mit Wirkung auf das Kraftstoff/Luft-Verhältnis beaufschlagt die Steuereinheit 14 eine Aufladeeinrichtung im Abgastrakt, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein Abgasturbolator 5 ist, der aus einer vom Abgas beaufschlagten Turbine 27 und einem auf die Frischluft wirkenden Verdichter 28 besteht. Das Stellglied 6 des Abgasturbolators, das über dem Stellantrieb 7 von der Steuereinheit bedarfsweise einstellbar ist, kann beispielsweise eine variabel einstellbare Turbinengeometrie sein.

Der Dieselmotor wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren im Sonderbetriebszustand mit einer mitbrennenden Nacheinspritzung betrieben, die sich an eine beliebige Anzahl an Voreinspritzungen und ein bis zwei Haupteinspritzungen anschließt. Des weiteren kann eine weitere zeitlich abgesetzte Nacheinspritzung in den Brennraum eingebracht werden, wobei der hier eingespritzte Kraftstoff nicht mehr an der Verbrennung teilnimmt und zur Schaffung einer Abgasatmosphäre beiträgt, die über eine längere Betriebszeit effizienter von dem Katalysator reinigbar ist. Die er-

-11-

findungsgemäße Nacheinspritzung wird bezüglich Einspritzzeitpunkt und -dauer so ausgelegt, daß je nach Bedarf überstöchiometrische oder unterstöchiometrische Luftverhältnisse geschaffen werden. Der maximale Druckanstieg im Brennraum und die zeitliche Lage des maximalen Druckanstieges entsprechen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren in etwa den Werten im Normalbetrieb mit lediglich Vor- und Haupteinspritzung. Die Regelung der Motorlast erfolgt über die an der Verbrennung teilnehmende Einspritzmenge, also im Sonderbetriebszustand unter Einschluß und maßgeblicher Berücksichtigung der mitbrennenden Nacheinspritzmenge. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können ohne Anhebung der Geräuscentwicklung rasch höhere Abgastemperaturen und -enthalpien erreicht werden und so die Effizienz von Katalysatoren auch insbesondere während der Warmlaufphase gesteigert werden.

Die Anteile der Haupteinspritzmenge und der Nacheinspritzmenge an der gesamten Einspritzmenge bzw. deren Änderungen während der Übergangsphase beim Wechsel der Betriebsart von fetter zu magerer Verbrennung und umgekehrt wird von der Steuereinheit in Abhängigkeit eines oder mehrerer Betriebsparameter 19 (Fig. 2) eingestellt. Als solche Betriebsparameter, mit denen die Kennfelder für die jeweils zu wählende Betriebsart ausgelesen werden, kommen die folgenden physikalisch meßbaren Größen in Frage:

- Motordrehmoment und seine Ableitung
- Motordrehzahl und ihre Ableitung
- Fahrgeschwindigkeit eines vom Dieselmotor angetriebenen Fahrzeuges

-12-

- Fahrstufe/Gang
- Gesamteinspritzmenge
- Luftmasse und ihre Ableitung
- Kühlmitteltemperatur
- Außenlufttemperatur
- Saugrohrtemperatur
- Abgastemperatur
- Atomsphärendruck
- Saugrohrdruck
- Abgasdruck

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Dieselmotors, bei dem ein Luftverhältnis des zu verbrennenden Kraftstoffes und der zugeführten Verbrennungsluft von einer Steuereinheit (14) nach vorgegebenen Werten für den Betriebszustand des Motors (1) durch Ansteuerung hierfür vorgesehener Stellmittel (2, 5, 8, 11, 25) einstellt und dabei die der angeforderten Betriebslast des Dieselmotors (1) entsprechenden Menge zu verbrennenden Kraftstoffes bestimmt, wobei die Steuereinheit (14) bei Feststellung eines als Umschaltkriterium vorgegebenen Wertes einer Betriebsmeßgröße (15) des Dieselmotors auf eine Sonderbetriebsart zur Regeneration einer Einrichtung zur Abgasnachbehandlung umschaltet und das Kraftstoff/Luft-Verhältnis nach Vorgabewerten für diese Betriebsart einstellt, dadurch gekennzeichnet, daß in der Sonderbetriebsart mindestens eine zeitlich von einer Haupteinspritzung abgesetzte Nacheinspritzung von Kraftstoff in einem derart späten Zeitraum während des Zyklus erfolgt, daß der dabei eingespritzte Kraftstoff mit dem bereits vorher zugemessenen und entzündeten Kraftstoff verbrannt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mitverbrennende Kraft-

stoffmenge der Nacheinspritzung dem Betriebszustand des Dieselmotors (1) entsprechend dosiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (14) den Einspritzzeitpunkt der Nacheinspritzung für den mitverbrennenden Kraftstoff entsprechend dem Betriebszustand des Dieselmotors (1) einstellt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (14) während einer Umschaltphase beim Umschalten in den Sonderbetriebszustand und zurück die Kraftstoffmenge der mitverbrennenden Nacheinspritzung bei gleichzeitiger Reduzierung der Haupteinspritzmenge in entsprechender Menge bei aufeinanderfolgenden Zyklen erhöht bis zum Erreichen der vorgesehenen Nacheinspritzmenge bzw. beim Rückschalten in einen Normalbetriebszustand die Nacheinspritzmenge reduziert bei analoger Erhöhung der Haupteinspritzmenge.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die analoge Änderung der Haupteinspritzmenge und der mitverbrennenden Nacheinspritzmenge während der Umschaltphase unter Berücksichtigung einer Regelgröße geregelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Regelgröße ein indiziertes Moment des Dieselmotors (1) herangezogen wird, welches während der Umschaltphase konstant gehalten wird.



-15-

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß dem Abgas zusätzlicher Kraftstoff zur Schaffung des vorgesehenen Kraftstoff/Luft-Verhältnisses im Abgas zugesetzt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der zusätzliche Kraftstoff dem Abgas durch eine zusätzliche Nacheinspritzung im Anschluß an die Nacheinspritzung mitverbrennenden Kraftstoffes zugesetzt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der zusätzliche Kraftstoff dem Abgas in einer Abgasleitung des Dieselmotors (1) zugesetzt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß in der Normalbetriebsart ein über- oder unterstöchiometrisches Kraftstoff/Luft-Verhältnis und in der Sonderbetriebsart ein unter- oder überstöchiometrisches Kraftstoff/Luft-Verhältnis eingestellt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (14) bei der Einstellung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses die dem Frischgas beigemischte Menge rückgeführten Abgases berücksichtigt und ein Abgasrückführungsventil (2) in einer Abgasrückführungsleitung (26) des Dieselmotors (1) als Stellglied der Regelung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses ansteuert.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (14) den Druck der zugeführten Frischluft regelt.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des Frischluftdruckes über Drosselklappen (8, 11) und eine einstellbare Aufladeeinrichtung (5) als Stellglieder erfolgt.
14. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des Frischluftdruckes über das Abgasrückführungsventil (2) und eine einstellbare Aufladeeinrichtung (5) als Stellglieder erfolgt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (14) den Massendurchsatz der Frischluft regelt.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des Massendurchsatzes über das Abgasrückführungsventil (2) als Stellglied unter Berücksichtigung eines Meßsignals eines Luftmassenmessers erfolgt.
17. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des Massendurchsatzes über Drosselorgane (8, 11) als Stellglieder erfolgt.

-17-

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit alle von ihr angesteuerten Stellglieder (2, 6, 9, 12, 25) in Abhängigkeit der erfaßten Regelabweichung im gesamten Betriebsbereich des Dieselmotors (1) nachführt.

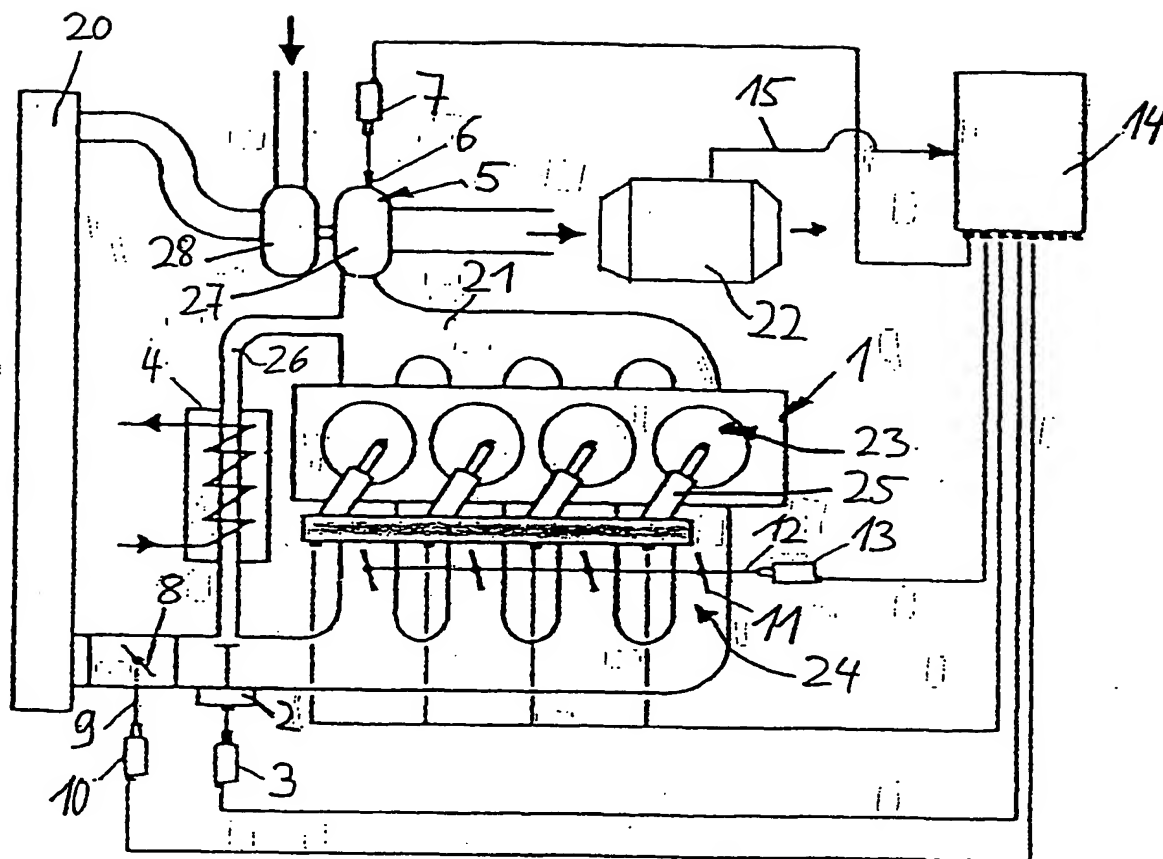


Fig. 1

BEST AVAILABLE COPY

2/2

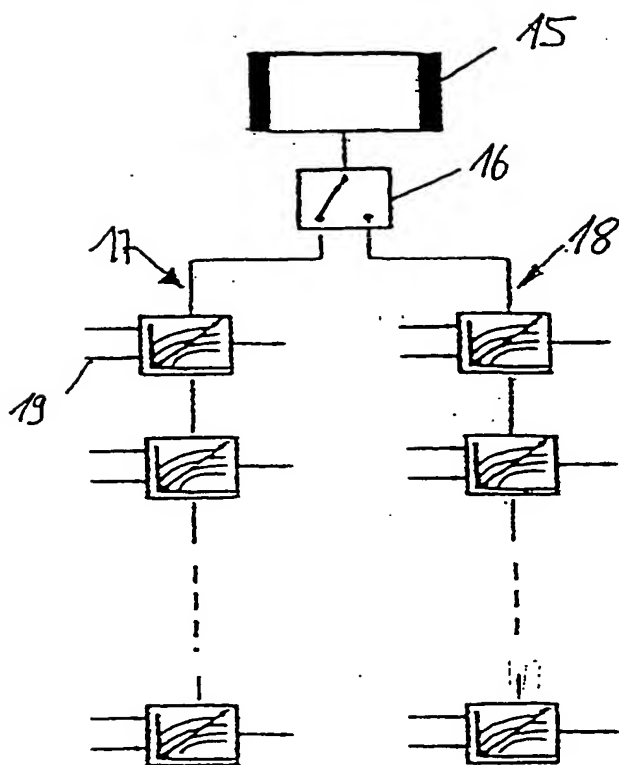


Fig. 2

BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No

PCT/EP 01/06796

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02D41/02 F02D41/40

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	EP 0 732 485 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 18 September 1996 (1996-09-18) abstract column 2, line 49 -column 3, line 54 column 17, line 15 - line 29 column 20, line 54 -column 23, line 56 claims figures 5,14,15	1-6, 10-18 7-9
Y	EP 0 831 226 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 25 March 1998 (1998-03-25) abstract column 1, line 45 -column 3, line 12 column 10, line 13 -column 11, line 27 --- -/--	7-9

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 November 2001

Date of mailing of the international search report

19/11/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Trotureau, D

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 01/06796

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	EP 1 077 319 A (MAZDA MOTOR) 21 February 2001 (2001-02-21)  abstract claims	1-3,7,8, 11,12, 14,18
A	DE 196 22 832 A (CATERPILLAR INC) 12 December 1996 (1996-12-12) the whole document	

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0732485	A	18-09-1996	JP	3079933 B2	21-08-2000
			JP	8218920 A	27-08-1996
			DE	69602222 D1	02-06-1999
			DE	69602222 T2	16-12-1999
			EP	0732485 A2	18-09-1996
			US	5732554 A	31-03-1998
EP 0831226	A	25-03-1998	JP	10061464 A	03-03-1998
			JP	10061466 A	03-03-1998
			EP	0831226 A2	25-03-1998
			US	5839275 A	24-11-1998
EP 1077319	A	21-02-2001	JP	2001055946 A	27-02-2001
			JP	2001123858 A	08-05-2001
			EP	1077319 A2	21-02-2001
DE 19622832	A	12-12-1996	DE	19622832 A1	12-12-1996
			JP	9025815 A	28-01-1997
			US	6016653 A	25-01-2000



A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F02D41/02 F02D41/40

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 732 485 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 18. September 1996 (1996-09-18)	1-6, 10-18
Y	Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 49 - Spalte 3, Zeile 54 Spalte 17, Zeile 15 - Zeile 29 Spalte 20, Zeile 54 - Spalte 23, Zeile 56 Ansprüche Abbildungen 5,14,15	7-9
Y	EP 0 831 226 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 25. März 1998 (1998-03-25) Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 45 - Spalte 3, Zeile 12 Spalte 10, Zeile 13 - Spalte 11, Zeile 27 --- -/-	7-9

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. November 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

19/11/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Trotureau, D

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,X	EP 1 077 319 A (MAZDA MOTOR) 21. Februar 2001 (2001-02-21)  Zusammenfassung Ansprüche	1-3,7,8, 11,12, 14,18
A	DE 196 22 832 A (CATERPILLAR INC) 12. Dezember 1996 (1996-12-12) das ganze Dokument	

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0732485	A	18-09-1996	JP 3079933 B2	21-08-2000
			JP 8218920 A	27-08-1996
			DE 69602222 D1	02-06-1999
			DE 69602222 T2	16-12-1999
			EP 0732485 A2	18-09-1996
			US 5732554 A	31-03-1998
EP 0831226	A	25-03-1998	JP 10061464 A	03-03-1998
			JP 10061466 A	03-03-1998
			EP 0831226 A2	25-03-1998
			US 5839275 A	24-11-1998
EP 1077319	A	21-02-2001	JP 2001055946 A	27-02-2001
			JP 2001123858 A	08-05-2001
			EP 1077319 A2	21-02-2001
DE 19622832	A	12-12-1996	DE 19622832 A1	12-12-1996
			JP 9025815 A	28-01-1997
			US 6016653 A	25-01-2000